

О. Й. МИХЕДЬКІНА, І. В. ПЕРЕТЯТКО, І. І. МЕЛЬНИК, В. В. АНАН'ЄВА, О. В. ЦИГАНКОВ

СИНТЕЗ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ПОХІДНИХ ПІРОЛУ В ЯКОСТІ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ НА НАСІННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Конденсацією 4-ацетил-3,5-диметил-1Н-пірол-2-карбонової кислоти з ароматичними альдегідами синтезовано ряд (Е)- 4 - арилакрилоїл - 3,5- диметил -1Н- пірол - 2 - карбонових кислот. Вирішене питання щодо розчинності синтезованих речовин для використання їх в якості препаратів агрохімічного призначення. Проведені фізіологічні дослідження в умовах лабораторії щодо впливу водних розчинів натрієвих солей цих сполук на енергію проростання, схожість та біометричні показники на насінні сортів ячменю «Джерело», «Фенікс», «ІР-7019», та жита озимого сорту «Діхар» різної життєздатності. Виконана статистична обробка результатів дослідження методом дисперсійного аналізу. Достовірно виявлена рістстимулююча активність запропонованих сполук, яка залежить як від природи самої сполуки так і від специфіки сорту насіння. Виявлено, що найефективнішими за енергією проростання, схожістю насіння, масою проростків, їх довжиною та масою коренів є арилпропеноїлпіролкарбонові кислоти, що містять атом галогену та метоксигрупу в фенільному ядрі. Запропоновані технологічні підходи до виробництва ефективних стимуляторів проростання насіння зернових культур.

Ключові слова: 4 - арилакрилоїл -3,5 - диметил -1Н- пірол - 2 - карбонові кислоти; розчинність; стимулятори росту рослин; енергія проростання та схожість насіння.

Е. И. МИХЕДЬКИНА, И. В. ПЕРЕТЯТКО, И. И. МЕЛЬНИК, В. В. АНАНЬЕВА, А. В. ЦЫГАНКОВ

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ПИРРОЛА В КАЧЕСТВЕ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА НА СЕМЕНАХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР

Конденсацией 4-ацетил-3,5-диметил-1Н-пиррол-2-карбоновой кислоты с ароматическими альдегидами синтезирован ряд (Е)- 4 - арилакрилоил -3,5 - диметил -1Н- пиррол - 2 - карбоновых кислот. Решен вопрос о растворимости синтезированных веществ для использования их в качестве препаратов агрохимического назначения. Проведены физиологические исследования в условиях лаборатории по влиянию водных растворов натриевых солей этих соединений на энергию прорастания, всхожесть и биометрические показатели на семенах сортов ячменя «Джерело», «Феникс», «ІР-7019» и ржи озимой сорта «Дихар» различной жизнеспособности. Выполнена статистическая обработка результатов исследования методом дисперсионного анализа. Достоверно обнаружена ростстимулирующая активность предложенных соединений, которая зависит как от природы самого соединения так и от специфики сорта семян. Вывявлено, что наиболее эффективными по энергии прорастания, всхожести семян, массы проростков, их длины и массы корней являются арилпропеноилпирролкарбоновые кислоты, содержащие атом галогена и метоксигруппу в фенильном ядре. Предложены технологические подходы к производству эффективных стимуляторов прорастания семян зерновых культур.

Ключевые слова: 4 - арилакрилоил -3,5 - диметил -1Н- пиррол - 2 - карбоновые кислоты; растворимость; стимуляторы роста растений; энергия прорастания и всхожесть семян.

Е. І. МІХЕДЬКІНА, І. В. ПЕРЕТЯТКО, І. І. МЕЛЬНИК, В. В. АНАНІЄВА, О. В. ЦЫГАНКОВ

SYNTHESIS AND RESEARCH OF DERIVATIVES OF A PYRROL AS GROWTH-PROMOTION FACTORS ON SEEDS OF GRAIN CROPS

A series of (E)- 4 - arylacryloyl - 3,5 - dimethyl - 1H - pyrrole - 2 - carboxylic acids have been synthesized by condensation of 4-acetyl-3,5-dimethyl-1H-pyrrole-2-carboxylic acid with aromatic aldehydes. The issue of solubility of the synthesized substances for their use as preparations of agrochemical appointment is resolved. Physiological researches in the laboratory were carried out on the effect of aqueous solutions of the sodium salts of these compounds on germination energy, germination and biometric parameters on seeds of the sources "Dzherelo", "Phoenix", "IR-7019", and rye of the winter variety "Dihar" of different viability. Statistical analysis of the results of the research by the method of analysis of variance was performed. It is authentically defined the activity of stimulators of growth of the offered compounds. The activity of growth-promoting factors depends by nature compound and on specifics of a grade of seeds. The most effective in germination energy, seed germination, seed weight, root length and root mass are arylpropenoylpyrrolecarboxylic acids containing a halogen atom and a methoxy group in the phenyl nucleus. Technological approaches have been proposed for the production of effective stimulators of seed germination.

Keywords: 4 - arylacryloyl -3,5 - dimethyl -1H- pyrrole - 2 - carboxylic acids; solubility; growth-promoting factors of plants; energy of germination and germination of seeds.

Вступ. Застосування синтетичних регуляторів росту рослин є суттєвим елементом інтенсифікації сучасних технологій виробництва продукції рослинництва. Серед інших проблем, таких як можливість направленою регулювання окремих етапів розвитку рослин з метою підвищення врожайності та якості вирощуваної продукції, актуальною є проблема підвищення життєздатності насіння. Безсумнівно, речовини, які використовуються для таких, повинні бути екологічно безпечними і, в той же час, високоефективними.

Препарати природного походження мінімізують екологічну небезпеку їх застосування, тоді як

синтетичні препарати за рахунок своєї ціни та ефективності сприяють підвищенню рентабельності сільськогосподарського виробництва. Тому пошук перспективних синтетичних сполук та розробка на їх основі ефективних препаратів постійно триває.

Дана робота є продовженням синтезу похідних піролів та досліджень їх впливу на проростання насіння зернових культур, таких як ячмінь та жито.

Аналіз літератури. Відомо що пірольний цикл є структурним фрагментом багатьох алкалоїдів, знайдених в бактеріях, грибах, морських організмах, комахах жабах та ін. Флора також є багатим джерелом

Таблиця 1 – Фізіологічна активність сполук 2-4 на насінні ячменю сорту «ІР-7019», %

Сполука	Умовна концен-трація, %	Енергія проростання, %	У т.ч. % до контролю	Схожість, %	У т.ч. % до контролю	Середня довжина проростків, мм	У т.ч. % до контролю	Маса 100 рослин					
								Загальна, г	У т.ч. % до контролю	Зелених проростків, г	У т.ч. % до контролю	Коре нів,г	У т.ч. % до контролю
Контроль-вода		71,0	100,0	73,0	100,0	87,0	100,0	39,6	100,0	16,1	100,0	23,5	100,0
2	2N	73,0	102,8	75,0	102,7	95,0	109,9	49,1*	124,1	19,3*	119,9	29,8*	126,9
	N/2	73,0	102,8	75,0	102,7	104,0*	119,8	49,5*	125,1	19,7*	122,6	29,8*	126,8
	N/8	71,0	99,1	75,0	101,8	100,0	115,3	46,7*	117,9	18,5*	115,2	28,2*	119,8
	N/32	77,0*	108,4	77,0	105,5	96,0	111,0	45,4	114,7	18,2*	113,2	27,2	115,7
	N/128	69,0	97,2	69,0	94,5	89,0	102,9	42,4	107,3	17,1	106,5	25,3	107,9
3	2N	71,0	100,0	72,0	98,2	99,0*	114,1	50,3*	127,1	18,6*	115,7	31,7*	134,8
	N/2	69,0	96,3	71,0	96,4	91,0	105,7	48,4*	122,2	18,4*	114,4	30,0*	127,6
	N/8	77,0*	108,4	81,0*	110,9	102,0*	117,4	47,1*	119,1	18,2*	113,3	28,9*	123,0
	N/32	67,0	93,5	69,0	93,6	97,0*	112,5	45,8*	115,6	18,5*	114,9	27,3	116,0
	N/128	76,0	106,5	76,0	103,6	102,0*	118,2	46,3*	116,8	18,7*	116,0	27,6	117,4
4	2N	71,0	100,0	73,0	100,0	96,0	111,5	48,3*	122,0	17,5	108,8	30,8*	131,1
	N/2	77,0*	108,4	79,0	108,2	104,0*	120,2	49,7*	125,5	18,8*	116,6	30,9*	131,7
	N/8	71,0	100,0	75,0	101,8	101,0*	116,5	47,7*	120,6	18,1*	112,7	29,6*	126,0
	N/32	83,0*	116,8	83,0*	113,6	105,0*	121,3	45,1	113,8	19,6*	121,6	25,5	108,5
	N/128	81,0*	114,0	83,0*	113,6	106,0*	122,0	46,0*	116,2	19,3*	119,9	26,7	113,7

– достовірно на 5,0 % рівні значущості

Продовжуючи ці дослідження було доцільно дослідити вплив сполук 1–6 на інших видах зернових, наприклад, жита. Було обране некондиційне насіння жита озимого сорту «Діхар» з вихідною схожістю 64,0 %. Слід зазначити, що жито озиме має велике значення як продовольча та кормова культура і належить до високоврожайних зернових культур з високими поживними якість завдяки значному вмісту білків, вітамінів та високої енергетичної цінності. Ця культура є морозо- та посухостійкою. Має добре розвинену кореневу систему, що добре засвоює воду. Відрізняється невибагливістю до попередників, менше ніж інші зернові культури уражається хворобами, добре реагує на добрива та інші агротехнічні засоби [13]. Але є один недолік: насіння жита озимого, поряд з іншими зерновими при закритому зберіганні з низькою вологістю характеризується найменшим значенням періоду, упродовж якого зерно зберігає посівні, технологічні та продовольчі якості. Посівні властивості насіння визначаються енергією проростання та схожістю, які мають важливе значення в отриманні високих і сталих врожаїв [14]. Тому збереження цієї культури в генофонді ресурсів рослин є важливим, а дослідження щодо підвищення схожості насіння жита є актуальними.

Фізіологічну активність розчинів різних концентрацій сполук 1-6 визначали за ступенем їх впливу на енергію проростання та лабораторну схожість насіння жита озимого. Насіння низької життєздатності обробляли розчинами натрієвих солей сполук 1–6 в діапазоні кількості діючої речовини від N/128 до 4N, де N складає 0,09 г досліджуваної сполуки на 1 кг насіння, розчинених у 12 мл води.

Енергію проростання жита визначали на четвертий день дослідів. Цей показник у значній мірі залежить від життєздатності насіння та визначає швидкість його проростання. Значення енергії активації впливає на врожайність цієї культури. Результати представлені в табл. 2.

Як видно з даних табл. 2 досліджувані речовини проявили різний стимулюючий ефект, як підвищуючи значення енергії проростання (3,0-25,0 %), так і зменшуючи ці показники (5,0-15,0 %) в порівнянні з контрольним зразком.

Схожість насіння жита визначали на сьомий день дослідів. Це біологічна характеристика насіння, що означає здатність насіння за певний термін давати нормальні проростки в певних умовах пророщування. Цей показник здебільшого залежить від ступеня виживання насіння тих чи інших культур. Результати досліджень представлені в табл. 3.

Таблиця 2 – Енергія проростання насіння жита сорту «Діхар» при обробці сполуками 1-6, %

Сполука	1		2		3		4		5		6	
Умовна концентрація, %	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)
4N	64,0	116,4	50,0	90,9	56,0	101,8	56,0	101,8	53,0	96,4	41,0	74,6
2N	62,0	112,7	47,0	85,5	59,0	107,3	64,0	116,4	56,0	101,8	51,0	92,7
N	61,0	111,0	49,0	89,1	57,0	103,6	64,0	116,4	47,0	85,5	57,0	103,6
N/2	58,0	105,5	49,0	89,1	60,0	109,1	61,0	111,0	57,0	103,6	58,0	105,5
N/4	66,0	120,0	49,0	89,1	55,0	100,0	66,0	120,0	52,0	94,5	61,0	111,0
N/8	62,0	112,7	50,0	90,9	55,0	100,0	63,0	114,5	58,0	105,5	57,0	103,6
N/16	62,0	112,7	52,0	94,5	49,0	89,1	66,0	120,0	57,0	103,6	55,0	100,0
N/32	62,0	112,7	52,0	94,5	49,0	89,1	67,0	121,8	63,0	114,5	58,0	105,5
N/64	57,0	103,6	54,0	98,2	59,0	107,3	69,0	125,4	52,0	94,5	55,0	100,0
N/128	59,0	107,3	48,0	87,3	57,0	103,6	67,0	121,8	61,0	111,0	54,0	98,2

1) енергія проростання;

2) у т.ч. % до контролю.

Таблиця 3 – Схожість насіння жита сорту «Діхар» при обробці сполуками 1-6, %

Сполука	1		2		3		4		5		6	
Умовна концентрація, %	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)	1)	2)
4N	74,0	115,6	60,0	94,0	68,0	106,3	61,0	95,3	66,0	103,1	50,0	78,2
2N	67,0	104,7	52,0	81,2	72,0	112,5	66,0	103,1	66,0	103,1	56,0	87,5
N	68,0	106,3	54,0	84,4	63,0	98,4	69,0	107,8	59,0	92,2	64,0	100,0
N/2	64,0	100,0	54,0	84,4	64,0	100,0	65,0	101,6	66,0	103,1	64,0	100,0
N/4	72,0	112,5	52,0	81,2	70,0	109,4	69,0	107,8	62,0	96,9	68,0	106,3
N/8	70,0	109,4	56,0	87,5	81,0	126,6	68,0	106,3	66,0	103,1	66,0	103,1
N/16	70,0	109,4	56,0	87,5	72,0	112,5	74,0	115,6	70,0	109,4	64,0	100,0
N/32	68,0	106,3	56,0	87,5	69,0	107,8	72,0	112,5	78,0	121,9	67,0	104,7
N/64	66,0	103,1	57,0	89,0	68,0	106,3	72,0	112,5	59,0	92,2	66,0	103,1
N/128	67,0	104,7	58,0	90,6	66,0	103,1	72,0	112,5	70,0	109,4	62,0	96,9
НІР05	2,9	—	2,1	—	2,8	—	2,7	—	2,3	—	2,5	—

1) - схожість насіння;

2) - у т.ч. % до контролю.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу [12]. Результати досліджень достовірні на 3,5 %-ному рівні значущості. Точність дослідів дорівнює 1,24–1,52 %. Значення найменшої істотної різниці ($НІР_{05}$), що коливаються від 2,1 до 2,9 % свідчать про істотний вплив досліджуваних сполук на схожість насіння.

Слід зазначити, що досліджувані речовини проявили значний стимулюючий ефект при певних значеннях концентрацій, тоді як вихідна пірол карбонова кислота 1 проявила біологічну активність в усіх варіантах дослідів, підвищуючи показник лабораторної схожості на 3,0 – 15,0 %.

Найбільш ефективно підвищували показники схожості насіння сполуки 3 та 5, які у фенольному радикалі містять атом бром у п- та о-положенні відповідно. Так, сполука 3 показала підвищення схожості насіння на 26,0 % при значенні концентрації діючої речовини N/8, а сполука 5 – при N/32. Інші досліджувані речовини (4 та 6) проявили різний діапазон значень лабораторної схожості, як підвищуючи її значення (на 1,0 – 15,0 %), так і зменшуючи

цей показник (на 3,0 – 22,0 %) в порівнянні з контрольним зразком.

Висновки. Здійснено синтез ряду пірольних аналогів халкону та проведено дослідження стимулюючого впливу водних розчинів солей цих сполук на енергію проростання, схожість та біометричні показники насіння ячменю різних сортів та жита озимого сорту «Діхар».

Виконана статистична обробка результатів дослідження.

Виявлено, що найбільш ефективним за впливом на енергію проростання насіння, схожість та біометричні характеристики є арилпропеноїлпіролкарбонові кислоти з метокси- та бромом у фенольному ядрі, які були рекомендовані для досліджень у польових умовах.

Список літератури

1. Somnath S.Gholap Pyrrole: An emerging scaffold for construction of valuable therapeutic agents / Somnath S.Gholap // European Journal of Medicinal Chemistry, 2016. – Vol. 110. – P. 13–31.

2. Kanaoka Y. Synthesis and evaluation of nitro 5-deazaflavin-pyrrolicarboxamide(s) hybrid molecules as novel DNA targeted bioreductive antitumor agents / Kanaoka Y, Ikeuchi Y, Kawamoto T et al // Bioorganic & medicinal chemistry, 1998. – Vol. 6(3). – P. 301–314.
3. Bijev A Synthesis and antibacterial activity of new cephalosporines containing a pyrrole ring in the N-acyl chain / Bijev A, Radev I, Borisova Y. // Pharmazie, 2000. – Vol. 55(8). – P. 568–571.
4. Мельников, Н. Н. Пестициды. Химия, технология и применение / Н. Н. Мельников. – М.: Химия, 1987. – 712 с.
5. Міхедькіна О. Й. Синтез полізамішених тієнілпіролів і їх дослідження в якості регуляторів росту рослин / О.Й. Міхедькіна, О.С.Пелипець, І.В.Перетятко, та ін. // Журнал органічної та фармацевтичної хімії. 2019. – т.17 – № 2 (66). – С. 17–25. <https://doi.org/10.24959/ophcj.19.972>
6. Nowakowska Z. A review of anti-infective and anti-inflammatory chalcones / Nowakowska Z // Eur J Med Chem, 2007. – Vol. 42(2). – P. 125–137.
7. Domínguez JN. Synthesis and antimalarial activity of sulfonamide chalcone derivatives / Domínguez JN, León C, Rodrigues J, Gamboa de Domínguez N et al // Farmaco, 2005. – Vol. 60(4). – P. 307–311.
8. Lin YM. Chalcones and flavonoids as anti-tuberculosis agents / Lin YM, Zhou Y, Flavin MT et al // Bioorganic & medicinal chemistry, 2002. – Vol. 10(8). – P. 2795–2802.
9. Билина, О. С. Синтез пірольних аналогів халкону на основі 4-ацетил-3, 5-диметил-1п-пірол-2-карбонової кислоти та її етилового естеру і дослідження їх активності як стимуляторів росту рослин / О. С. Билина, О. Й. Міхедькіна, О. В. Бібік та ін. // Журнал органічної та фармацевтичної хімії. 2010. – т.8 – № 3 (31). – С. 76–80.
10. Lamberth C. Pyrazole Chemistry in Crop Protection / Lamberth C // Heterocycles, 2007. – Vol. 71(7). – P. 1487–1502.
11. ДСТУ 4138-2002 Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості – Київ.: Держспоживстандарт України, 2003.
12. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
13. Єгоров, Д. К. Особливості селекції нових сортів і гібридів озимого жита / Д. К. Єгоров, В. П. Дерев'яно, В. А. Циганко, О. О. Олійник // Збірник СГІ, 2010. Одеса. – т.16. – С. 104–109.
14. Подпратов, Г. І. Довговічність зерна озимого жита за різних режимів зберігання / Г. І. Подпратов // Науковий вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. 2010. – №145 – № 3 – С. 263–274.
- Journal of Medicinal Chemistry, 2016, Vol. 110, P. 13–31.
2. Kanaoka Y. Synthesis and evaluation of nitro 5-deazaflavin-pyrrolicarboxamide(s) hybrid molecules as novel DNA targeted bioreductive antitumor agents / Kanaoka Y, Ikeuchi Y, Kawamoto T et al // Bioorganic & medicinal chemistry, 1998, Vol. 6(3), P. 301–314.
3. Bijev A. Synthesis and antibacterial activity of new cephalosporines containing a pyrrole ring in the N-acyl chain / Bijev A, Radev I, Borisova Y. // Pharmazie, 2000, Vol. 55(8), P. 568–571.
4. Melnykov, N. N. Pestitsydy. Khymiya, tekhnolohiya y prymenenye / N. N. Melnykov, M.: Khymiya, 1987, 712 s.
5. Mikhedkina, O.I. Syntez polizamishchenykh tiienilpiroliv i yikh doslidzhennia v yakosti rehulatoriv rostu roslin / O.I. Mikhedkina, O.S.Pelypets, I.V.Peretiako, ta in. // Zhurnal orhanichnoi ta farmatsevtichnoi khimii, 2019, t.17, № 2 (66), S. 17–25. <https://doi.org/10.24959/ophcj.19.972>
6. Nowakowska Z. A review of anti-infective and anti-inflammatory chalcones / Nowakowska Z // Eur J Med Chem, 2007, Vol. 42(2), P. 125–137.
7. Domínguez JN. Synthesis and antimalarial activity of sulfonamide chalcone derivatives / Domínguez JN, León C, Rodrigues J, Gamboa de Domínguez N et al // Farmaco, 2005, Vol. 60(4), P. 307–311.
8. Lin YM. Chalcones and flavonoids as anti-tuberculosis agents / Lin YM, Zhou Y, Flavin MT et al // Bioorganic & medicinal chemistry, 2002, Vol. 10(8), P. 2795–2802.
9. Bylyna, O. S. Syntez pirolnykh analogiv khalkonu na osnovi 4-atsetyl-3, 5-dymetyl-1n-pirol-2-karbonovoi kysloty ta yii etylovoho esteru i doslidzhennia yikh aktyvnosti yak stymuliatoriv rostu roslin / O. S. Bylyna, O. Y. Mikhedkina, O. V. Bibik ta in. // Zhurnal orhanichnoi ta farmatsevtichnoi khimii. 2010,t.8, № 3 (31), S. 76–80.
10. Lamberth C. Pyrazole Chemistry in Crop Protection / Lamberth C // Heterocycles, 2007, Vol. 71(7), P. 1487–1502.
11. DSTU 4138-2002 Nasinnia silskohospodarskykh kultur. Metody vyznachennia yakosti, Kyiv.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2003
12. Dospekhov, B. A. Metodyka polevoho opyta / B. A. Dospekhov, M.: Ahropromyzdat, 1985, 351 s.
13. Yehorov, D. K. Osoblyvosti selektsii novykh sortiv i hibrydiv ozymoho zhyta / D. K. Yehorov, V. P. Derevianko, V. A. Tsyhanko, O. O. Oliinyk // Zbirnyk SHI, 2010, t.16, S. 104–109.
14. Podpriatov, H. I. Dovhovichnist zerna ozymoho zhyta za riznykh rezhymiv zberihannia / H. I. Podpriatov // Naukovyi visnyk natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy, 2010, №145, S. 263–274.

References (transliterated)

Надійшла (received) 15.08.19.

1. Somnath S.Gholap Pyrrole: An emerging scaffold for construction of valuable therapeutic agents / Somnath S.Gholap // European

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Міхедькіна Олена Йосипівна (Mikhedkina Elena Iosipovna, Mikhedkina Elena) – кандидат хімічних наук, професор кафедри органічної хімії, біохімії, лакофарбових матеріалів і покриттів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1435-3830>, elena.mikhedkina@gmail.com.

Перетятко Ірина Володимирівна (Peretyatko Iryna Vladimirovna, Peretyatko Iryna) – старший хімік АТ «Київмедпрепарат», м. Київ, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2575-7957>, iryna.peretyatko17@gmail.com.

Мельник Ігор Іванович (Melnyk Ihor Ivanovich, Melnyk Ihor) – доцент кафедри органічної хімії, біохімії, лакофарбових матеріалів і покриттів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; iimelniki@gmail.com

Анан'єва Валерія Вікторівна (Ananieva Valeriia Viktorovna, Ananieva Valeriia) – кандидат технічних наук, доцент кафедри органічного синтезу і нанотехнологій, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8059-5205>, valeriya.ananieva@gmail.com.

Циганков Олександр Валерійович (Tsygankov Alexander Valeriyevich, Tsygankov Alexander) – доктор хімічних наук, завідувач кафедри органічної хімії, біохімії, лакофарбових матеріалів та покриттів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», м. Харків, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5298-8450>, geminalestems@gmail.com.